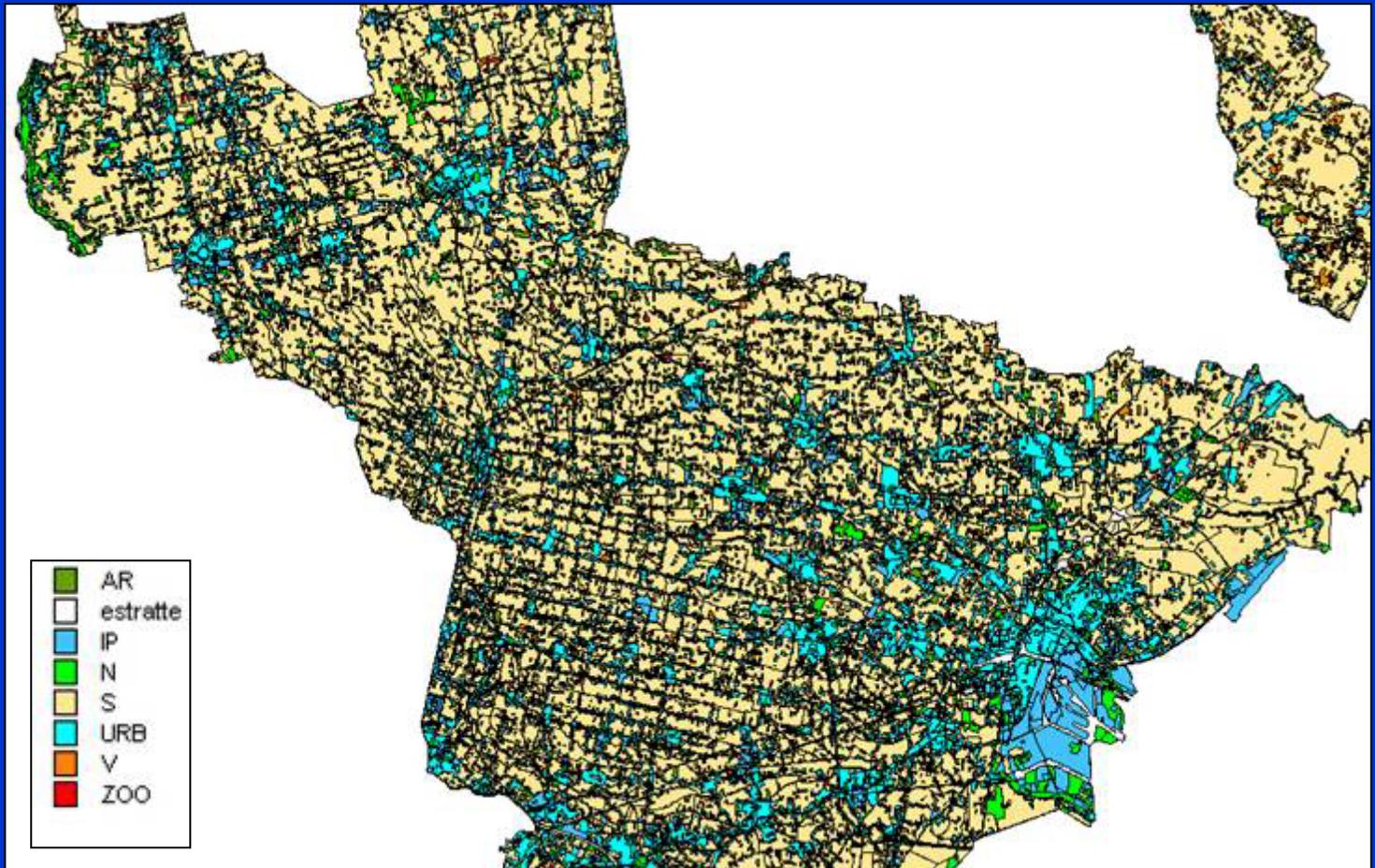




Livello di bacino: Uso del suolo





3. Livello di bacino: Uso del suolo

- Per intervenire sulla qualità delle acque di un intero bacino idrografico, è necessario pianificare interventi sia a scala locale, sia a scala di paesaggio
- La pianificazione a scala di paesaggio interviene sull'organizzazione degli usi del suolo
 - Necessita pertanto di conoscere la relazione tra uso del suolo e qualità delle acque superficiali
- ARGOMENTI:
 - Il problema della scala
 - La relazione tra uso del suolo e rilascio di nutrienti nelle acque superficiali.
 - Conoscenze acquisite: esempi di letteratura
 - Applicazione delle conoscenze alla gestione del territorio: il Piano Direttore 2000
 - Caso studio: il Bacino Scolante della Laguna di Venezia



3.1 Il problema della scala

- La relazione tra uso del suolo e qualità delle acque superficiali non si mantiene costante, identica nel passare dalla scala locale alla scala di paesaggio
- Tale relazione è scala-dipendente: aumentando l'estensione, le variabili e le relazioni coinvolte si modificano.
- **Processi scala-dipendenti:** al variare della scala (estensione-risoluzione) si modificano le variabili in gioco, le relazioni tra esse, il comportamento del sistema.
- La gestione di tali processi deve tener conto di queste variazioni, per poter intervenire con gli strumenti adatti alla scala più efficace.



3.2 Analisi della relazione Uso del suolo - rilasci di nutrienti

- La relazione tra uso del suolo e inquinamento diffuso in letteratura è indagata secondo due differenti modalità:
- **Relazione statistica:** il rilascio di nutrienti (variabile dipendente), può essere spiegato dalla variabile indipendente 'uso del suolo'
 - In generale, i dati richiesti riguardano i carichi di nutrienti nelle acque del bacino analizzato e la quantificazione delle classi di uso del suolo.
- **Rischio:** stima della probabilità che si verifichi un evento avverso (rilascio di nutrienti) sulla base dell'uso del suolo di un bacino.
 - Il rilascio di nutrienti a scala di bacino dipende non solo dall'uso del suolo ma da una moltitudine di fattori, come le caratteristiche idrologiche e pedologiche, più difficili da stimare
 - Si basa sulla stima dei rilasci per uso del suolo; calcola la probabilità che il carico complessivo superi una determinata soglia.



3.2 Analisi della relazione

Uso del suolo - rilasci di nutrienti

o RELAZIONE STATISTICA

L'esistenza di una relazione è verificata tramite due diversi approcci:

- Bacino = black box: i predittori sono considerati variabili indipendenti dalla posizione relativa ai corpi d'acqua;
- Configurazione spaziale: posizioni relative dei predittori (uso del suolo) rispetto ai corpi d'acqua. Si cerca di capire come l'organizzazione spaziale del paesaggio ne influenza le funzioni (flussi di nutrienti).
- Esempi:
 - zone di contribuzione: fascia di territorio lungo gli argini del fiume, circa corrispondente alla zona riparia. Permette di evidenziare i contributi provenienti dalla zona contigua al corso d'acqua;
 - analisi di prossimità: fasce concentriche di larghezza costante attorno al fiume. Permette di considerare la vicinanza/lontananza



3.3. Conoscenze acquisite

- Carichi di N correlati principalmente all'uso del suolo agricolo:
 - Direttamente, come % sul totale
 - Come rapporto agricoltura/zone naturali
- Fattori limitanti:
 - Mascheramento dato da caratteristiche pedologiche e geomorfologiche:
 - risalite di acque di falda o infiltrazioni (diluizione);
 - I tempi di corrivazione dipendono dalla conducibilità idraulica, che influenza il tipo di trasformazioni (tempo di residenza),
 - le pendenze possono essere i fattori determinanti la qualità e la quantità dei carichi di azoto.
 - Mascheramento dato dai carichi puntiformi



3.3. Conoscenze acquisite

- Carichi di fosforo correlati principalmente:
 - all'uso del suolo urbano (scarichi civili);
 - alle zone naturali (abbattimento).

- Fattori limitanti:
 - Terreni con tessitura grossolana limitano il runoff e quindi l'allontanamento del fosforo;
 - Terreni ricchi di Fe e Al a pH acido, e Ca e Mg a pH basico complessano il fosforo, immobilizzandolo.



3.3. Conoscenze acquisite

- Sistemi naturaliformi: funzione di filtro rispetto ai flussi di nutrienti che li attraversano.
- Limitazioni:
 - La scarsa connettività (funzionale) ne limita l'efficienza a scala di paesaggio
 - Anche le caratteristiche idrologiche dei terreni sono limitanti (influenzano il flusso dei nutrienti).
 - Possono agire da fonte di nutrienti: alternarsi di condizioni ossidate e ridotte per il periodico allagamento del terreno promuove il rilascio di N e P.

Durante l'allagamento

- l'azoto è allontanato come ammoniaca
- il fosforo precedentemente adeso ai sedimenti è solubilizzato e allontanato dal sistema.

3.3 Conoscenze acquisite

- EFFETTO DELLA SCALA
- Le relazioni funzionali tra uso del suolo e carichi di nutrienti si modificano al variare dell'estensione:
 - A scale prossime al corso d'acqua assumono importanza i predittori tipici di queste zone (es, fasce riparie, presenza di terreni temporaneamente saturi);
 - I nutrienti rilasciati a breve scala raggiungono più rapidamente il corso d'acqua rispetto ai nutrienti rilasciati più lontano, e sono quindi meno soggetti a trasformazioni, adsorbimenti, infiltrazioni etc → le relazioni uso del suolo/carichi sono più immediate.
 - A scale minori possono essere escluse proprio le fonti principali dei nutrienti, come l'uso intensivo a seminativi o gli insediamenti urbani e industriali.

3.4 Applicazione delle conoscenze alla gestione del territorio



PIANO DIRETTORE 2000

PIANO PER LA PREVENZIONE DELL'INQUINAMENTO E IL RISANAMENTO
DELLE ACQUE DEL BACINO IDROGRAFICO IMMEDIATAMENTE
SVERSANTE NELLA LAGUNA DI VENEZIA





3.4.1 Finalità

- Assicurare alla Laguna le caratteristiche tipiche di un ecosistema di transizione in stato mesotrofico stabile, con una rete trofica non compromessa da fenomeni di ecotossicità.
- Individuare azioni e opere di disinquinamento per conseguire gli obiettivi di qualità :
 - In laguna: 3000 t/a N; 300 t/a P
 - corsi d'acqua sversanti in laguna: 400µg/L N disciolto tot, 30µg/L P disciolto tot
- Appartiene alla Legislazione Speciale per Venezia;
- Predisposto dalla Direzione Tutela Ambiente - Regione Veneto
 - contributo delle Province, unità Sanitarie, ARPAV, Servizio Informativo Magistrato alle Acque e suo Concessionario Consorzio Venezia Nuova.
- Approvato dal Consiglio Regionale l'1 Marzo 2000.



3.4.2 Linee guida

- Azioni di prevenzione:
 - Da privilegiare e sostenere con strumenti normativi e incentivi, per ridurre i carichi inquinanti sin dalla loro generazione;
- Azioni di riduzione:
 - sulla parte dei carichi comunque generata;
fonti puntuali: azioni atte a ridurre lo scarico alla fonte;
- Potenziamento della capacità di autodepurazione:
 - interviene nell'abbattere i carichi residui dopo gli interventi di riduzione, e i carichi provenienti da fonti diffuse;
- Azioni di diversione:
 - misura straordinaria, da applicare solo nei casi in cui non sia possibile praticare nessun altro intervento, ovvero in forma temporanea in concomitanza di eventi eccezionali.



3.4.3 Strategie d'intervento

- Settore civile e urbano diffuso:
 - Prevenzione: ottimizzazione del drenaggio delle acque = depurazione;
 - Riduzione = azioni per migliorare l'efficienza degli impianti.
- Settore industriale:
 - riduzione: affinamento della depurazione dei reflui per il riutilizzo.
- Settore agricolo e zootecnico:
 - prevenzione e riduzione: riduzione degli sprechi idrici, riutilizzo dei reflui da zootecnia e impianti di depurazione in agricoltura. L'obiettivo è la riduzione dei carichi e il deflusso minimo vitale.
- Settore territorio: depurazione delle acque della rete idrica
 - Strutturali: rinaturalizzazione, ripristino di aree di fitodepurazione, aumento dei tempi di corrivazione per la depurazione delle acque.
 - Obiettivo secondario è il controllo dei flussi di piena, con interventi di diversione da attuarsi in condizioni di emergenza.

3.4.3 Strategie d'intervento - territorio

- Interventi: ripristino e potenziamento delle capacità di abbattimento dei nutrienti su tutta la rete idraulica = applicazione delle conoscenze relative a fasce tampone e fitodepurazione
- Linea 1: Rivitalizzazione dei corsi d'acqua
 - Obiettivo: ricostruzione di un ambiente acquatico più naturale dell'attuale, aumento dei tempi di residenza delle acque.
 - In particolare, aumentare la copertura vegetale delle sponde e massimizzare la superficie di contatto tra queste e il flusso idrico.
 - ripristino vegetazione riparia per favorire lo sviluppo di comunità biologiche;
 - ricalibrazione degli alvei nella rete secondaria di bonifica;
 - acquisizione aree golenali per l'espansione dell'alveo con laminazione e rallentamento dei deflussi; in condizioni normali, hanno funzione ambientale e ricreativa.
- Linea 2: Fitodepurazione
 - Tipologie d'intervento descritte separatamente, ma accomunate dalla valorizzazione della funzione di fitodepurazione svolta dalle aree umide.

3.4.3 Strategie d'intervento - territorio

o Linea 2: Fitodepurazione

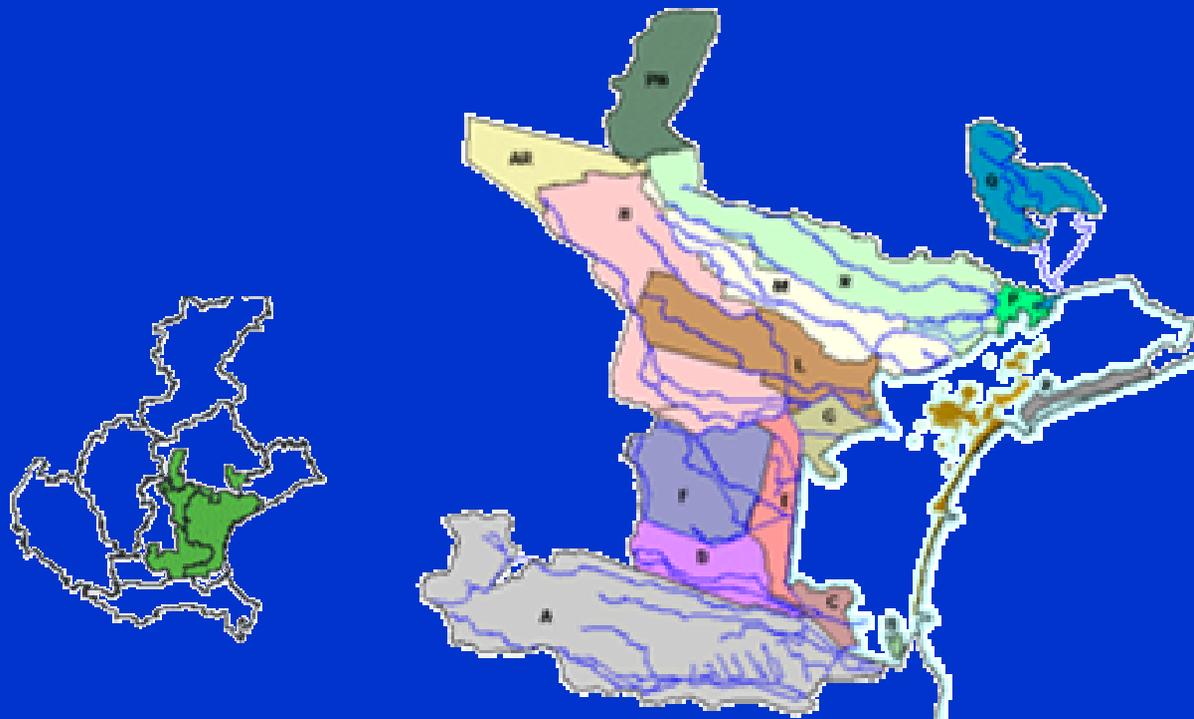
- zone di espansione a lato dei corsi d'acqua, sfruttando ad esempio cave abbandonate, con funzioni di laminazione delle piene e di fitodepurazione;
 - bacini di finissaggio a flusso superficiale integrando le reti fognarie e di bonifica
 - fitodepurazione estuarina: ripristino di due aree umide in corrispondenza delle foci dei corpi idrici principali.
- o Per quanto riguarda l'ultima tipologia, si sono identificati due sistemi fluviali nel Bacino Scolante rispetto cui ripristinare le aree umide:
- Laguna Nord (foci dei fiumi Vela, Silone, Siloncello, Canale S. Maria e Zero-Dese):
 - area umida di almeno 1000 ha, anche per l'affinamento dei reflui dell'impianto di Campalto.
 - Fiumi che sottopassano il Canale Novissimo per sfociare in Laguna (Canale di Lugo, Fiumazzo, Canale di Lova, Cavaizza, Altipiano, Schilla).
 - Estensione totale di circa 400 ha, costituita dal Canale Novissimo e una fascia ad esso contigua,.
 - In quest'area (Canale Novissimo Abbandonato) è in corso un progetto sperimentale di fitodepurazione da parte del Magistrato alle Acque.



3.4.4 Confronto tra conoscenze e azioni

- Il Piano Direttore agisce sul territorio del Bacino Scolante attraverso quegli interventi che hanno dimostrato di essere efficaci per l'abbattimento dei carichi di nutrienti;
- Tuttavia, si è visto come il cambiamento di scala può determinare la modificazione della relazione tra cause ed effetto;
- Ci si è chiesti quindi quali relazioni esistono nel Bacino Scolante tra uso del suolo, organizzazione del paesaggio e nutrienti alle diverse scale, al fine di ottenere indicazioni utili per la gestione di questo territorio

3.5 Caso studio: il Bacino Scolante della Laguna di Venezia



Lavoro in corso nell'ambito di un programma di ricerca sui temi dell'Ecologia del Paesaggio

(ruolo delle strutture e funzioni del paesaggio in relazione ai flussi biotici, idrologici e socioeconomici, indagato a diverse scale spazio-temporali)



3.5.1 Obiettivi della ricerca

- Indagare la relazione esistente tra
 - organizzazione del paesaggio, valutata a diverse scale,
 - e carichi di nutrienti nelle acque superficiali del Bacino Scolante della Laguna di Venezia,
- al fine della pianificazione degli interventi di gestione del territorio.



3.5.1 Obiettivi della ricerca

- **VERIFICA DELLE RELAZIONI TRA USO DEL SUOLO E QUALITÀ DELLE ACQUE**
 - % uso del suolo (cartografia da immagini da satellite), carichi nutrienti alla foce.
- **STIMA DEL RUOLO SVOLTO DALLE VARIABILI PEDOLOGICHE**
 - Tessitura, Gruppo idrologico, Permeabilità.
- **STIMA DELL'INFLUENZA DELL'ORGANIZZAZIONE STRUTTURALE DEL PAESAGGIO**
 - **Eterogeneità:** Indice di Shannon. stima la “ricchezza” (numero) e la “Regolarità” (distribuzione) degli ecotopi in rapporto all’area indagata.
 - **Frammentazione:** Effective Mesh Size. Area effettiva in cui i flussi non incontrano barriere.
 - **Densità di drenaggio** (km/ha): rapporto tra lunghezza totale dei corsi di un sottobacino e la sua area.
- **ANALISI DELL'EFFETTO DELLA SCALA SULLE RELAZIONI E LE VARIABILI INDIVIDUATE.**
- **STIMA DEL RUOLO SVOLTO DAI SISTEMI AGROFORESTALI**



3.5.2 Metodo di ricerca

- Definizione delle aree di studio:
 - Livello di bacino; Buffer 100 m su fiumi e canali di bonifica; Buffer 50 m.
- Scelta dei valori di 100 e 50 metri:
 - Pragmatica: considerare prossimità crescenti al corpo idrico.
 - Ecologica: cambiamento nel comportamento del sistema, modificazione dei processi fisici e chimici che influenzano il rilascio di nutrienti.
- Selezione dei predittori in base alla significatività ecologica
 - Uso del suolo
 - ipotesi: categorie prevalenti per estensione = influenza > a scala paesaggio; zone naturali e arboreti = scale prossime al corso d'acqua.
 - Inserimento preferenziale nei modelli alle diverse scale, previa osservazione degli andamenti rispetto alle variabili dipendenti.
 - Indici di struttura:
 - Esclusi nella fascia di 50 m (troppo limitata spazialmente perché siano ecologicamente significativi).
 - Eterogeneità: stabile al variare della scala.
 - Frammentazione: conservativo solo a scale > 6 km;
 - Densità di drenaggio: calcolabile solo a scala di bacino.



3.5.3 Risultati

- Esiste una correlazione costante tra usi del suolo, terreni e indici spaziali:
 - Agricoltura nei terreni franchi, insediamenti urbani nei terreni sabbiosi: l'associazione è data da motivazioni socio-economiche storico-culturali;
 - Eterogeneità legata a zone urbane, EMS a zone agricole: l'associazione è data dalla cartografia di uso del suolo utilizzata.

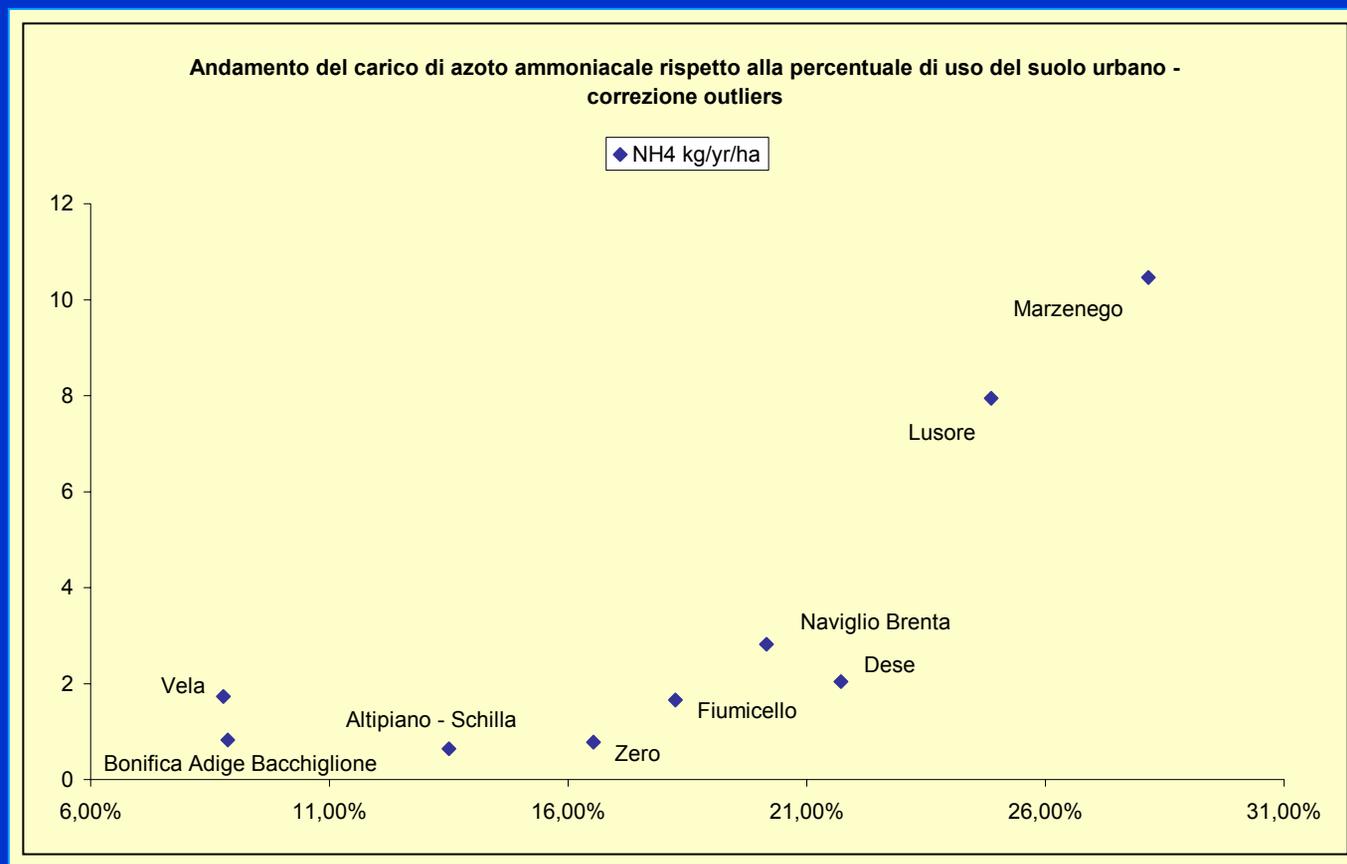


3.5.3 Risultati

- Obiettivo 1: verifica delle relazioni tra uso del suolo e qualità delle acque
- Azoto nitrico
 - Si riscontra una relazione significativa a scala di bacino tra uso del suolo zootecnico e carico di nitrati;
- Azoto ammoniacale
abbattimento prioritario per il Piano Direttore
 - Le relazioni più significative riguardano l'uso del suolo urbano e l'indice di eterogeneità a scala di bacino.
 - La relazione con l'uso del suolo urbano è non-lineare: presenta un cambiamento di pendenza oltre il 15% di uso del suolo urbano.



3.5.3 Risultati



- **“effetto soglia”**: il controllo della variabile si manifesta in maniera chiara e lineare solo al di sopra di tali valori.



3.5.3 Risultati

- Fosforo totale e ortofosfati
 - La relazione più significativa è relativa alla fascia di 50 metri, e comprende le variabili *uso del suolo naturaliforme* e *fattore tessitura*;
 - Interventi spazialmente riferiti alle fasce prossime ai corsi d'acqua (50 metri), con particolare attenzione alle caratteristiche di tessitura dei terreni;
- Zone naturaliformi: funzione di fonte di nutrienti, e non di filtro come riportato in letteratura
 - Distinzione delle tipologie aggregate sotto questa voce e inserimento delle variabili relative agli impianti agroforestali per comprendere le cause di tale comportamento.

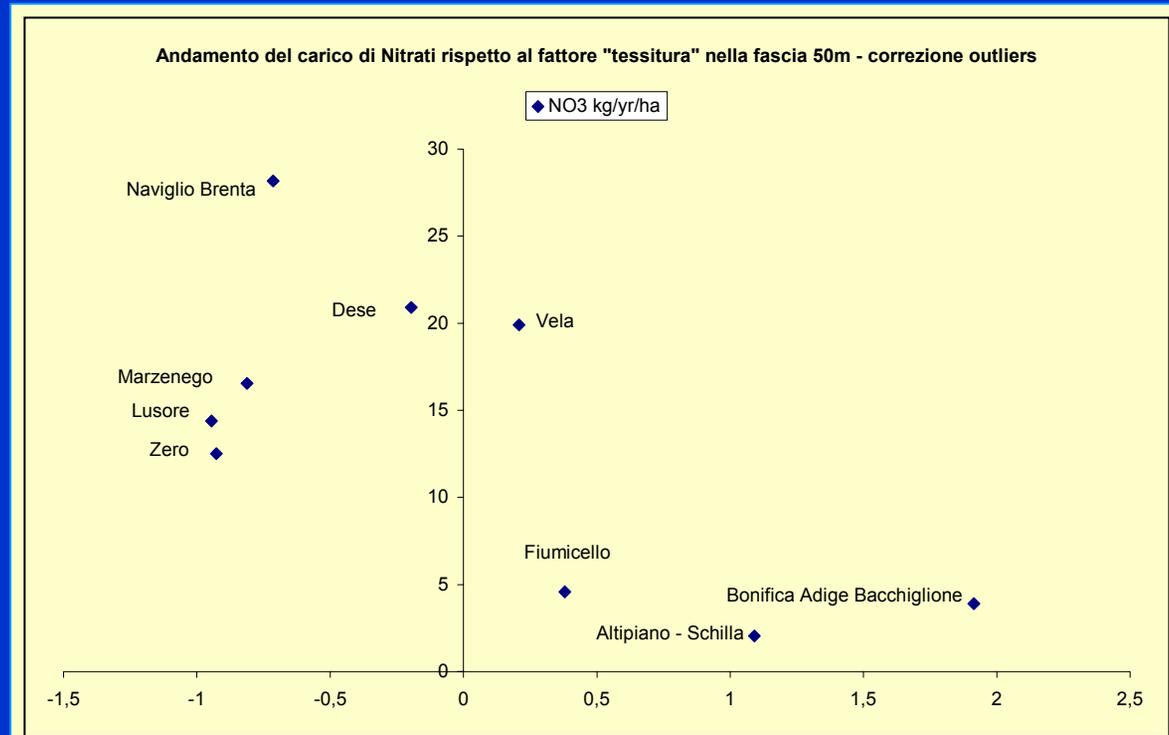


3.5.3 Risultati

- Obiettivo 2: valutazione del ruolo svolto dalle variabili pedologiche
- Il fattore “tessitura” influenza i carichi di tutte le specie nutrienti a tutte le scale, con differenti livelli di significatività:
 - Sottobacini a tessitura argillosa = carichi per unità di superficie minori
 - priorità agli interventi sugli altri sottobacini ai fini dell’abbattimento del carico totale immesso in laguna.



3.5.3 Risultati



- Nitrati: terreni a tessitura fine comportano un drenaggio più lento - tempi di residenza maggiori, condizioni redox favorevoli alla denitrificazione.
- Fosforo: relazione più robusta a scala di 50 metri; da approfondire per una corretta interpretazione.



3.5.3 Risultati

- Obiettivo 3: stima dell'influenza dell'organizzazione strutturale del paesaggio
- Indici di struttura: descrivono l'effetto degli usi del suolo principali sulla struttura del territorio; dipendono anche dalla grana dei dati utilizzati.
- Forniscono informazioni aggiuntive rispetto alle % di uso del suolo:
 - Indice di eterogeneità - uso del suolo urbano: responsabili di rilasci di nutrienti non sono solo gli scarichi civili ma anche le superfici impermeabili e le strutture che fungono da barriere o da percorsi preferenziali per i flussi dei nutrienti
 - Non solo interventi sui sistemi di fognatura ma anche aumento della permeabilità delle superfici e trattamento delle acque meteoriche;
 - Densità di drenaggio: ha dimostrato di essere legata all'abbattimento dei nitrati, poiché ne influenza i tempi di residenza nella rete idrica
 - Considerare le portate ed i tempi di residenza delle acque nei corsi superficiali, con particolare attenzione alla rete di bonifica.



3.5.3 Risultati

- Obiettivo 4: analisi dell'effetto della scala sulle relazioni e variabili individuate
- Le relazioni più significative a scala di bacino coinvolgono le variabili:
 - Zone urbane – NH₄ e P_{tot}, PO₄;
 - Zootecnia – NO₃ e P tot.
- Processi nelle zone prossime ai corsi d'acqua:
 - Tessitura dei terreni;
 - Comportamento delle zone naturaliformi: necessita di approfondimenti per essere correttamente interpretato.
- Scala d'intervento:
 - Azoto: processi prevalenti a scala di bacino;
 - Fosforo: variabili strutturali delle fasce prossime ai corsi d'acqua.



3.5.4 Elementi di criticità

- I dati a disposizione coprono un solo anno solare, con un campionamento al mese; sono quindi:
 - numericamente ridotti;
 - poco rappresentativi del comportamento medio del bacino (il 2002 è stato caratterizzato da precipitazioni eccezionali);
 - Sensibili alla presenza di outliers.
- Il Bacino Scolante è caratterizzato da un'idrografia complessa:
 - Gran parte è gestita artificialmente, con apporti da corsi esterni dal bacino e diversioni dei flussi di piena;
 - I carichi di nutrienti, misurati alla foce, comprendono non solo l'inquinamento diffuso ma anche i carichi da fonti puntiformi.



3.5.4 Elementi di criticità

- Nitrati: l'assenza di relazioni robuste è dovuta a diversi fattori
 - L'influenza della tessitura dei sottobacini, elemento riscontrato in letteratura;
 - La regolazione idraulica dei sottobacini meridionali, che sostiene la denitrificazione;
 - L'andamento anomalo delle C da monte a valle, dovuto all'inquinamento delle acque di falda e a probabili fenomeni di diluizione.
- Uso del suolo urbano:
 - Effetto di mascheramento: si concentra nelle zone costiere (punti di campionamento)
 - La nitrificazione è limitata dai brevi tempi di percorrenza, nonché da elevate concentrazioni di ammoniaca (Smith et al., 1997)
 - Letteratura: urbanizzazione inferiore al 10%, Bacino scolante: 8 - 28%
 - Risultati analoghi riportati da ricerca su bacino simile per uso del suolo e caratteristiche pedologiche;
 - Il mascheramento è ipotizzabile anche per la relazione tra carico di fosforo e tessitura argillosa, poiché i sottobacini a tessitura più fine sono i meno urbanizzati.



3.5.5 Conclusioni

- Lo studio ha incrementato la conoscenza del rapporto multiscalare tra organizzazione spaziale e processi e funzioni del paesaggio indagato, ai fini della gestione delle sue risorse.
- Nell'insieme delle variabili considerate, il rilascio e trasporto dei nutrienti risultano influenzati soprattutto dalle caratteristiche pedologiche dei sottobacini e dal grado di urbanizzazione del territorio; il loro peso maschera la presenza di altre relazioni.
- Questi primi risultati hanno inoltre permesso di individuare soluzioni per ovviare alle limitazioni analitiche riscontrate e approfondire i comportamenti del sistema più difficilmente interpretabili